

VALIDEZ DE ECUACIONES SOMÁTICAS PARA PREDECIR LA COMPOSICIÓN CORPORAL DE RATAS MACHOS WISTAR

VALIDITY OF SOMATIC EQUATIONS FOR PREDICTING BODY COMPOSITION MALE WISTAR RATS

MAGISTER. ROSSANA GOMEZ CAMPOS^A
DR. MIGUEL DE ARRUDA^B
DOCTORANDO. MARCO ANTONIO, COSSIO-BOLAÑOS^{B,C}

a,b,c Facultad de Educación física, Universidad Estadual de Campinas, Sao Paulo, Brasil.

b Instituto del deporte universitario IDUNSA, Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú.

Institución donde se realizó el estudio: Facultad de farmacología. Universidad Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil.

Dirección para correspondencia:

Rossana Gómez Campos

Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Educação Física

Av., Erico Veríssimo 701, Cidade Universitária – 13083-851

Caixa Postal 6134. Campinas, São Paulo, Brasil.

Correo electrónico: rossanagomez_c@hotmail.com

RESUMEN

Objetivo: El objetivo del presente estudio fue validar ecuaciones somáticas que permitan predecir la composición corporal de un modelo tri-compartimental (peso grasa + peso libre de grasa + peso residual) de ratas machos wistar. **Material y métodos:** Fueron utilizados 10 animales con un promedio de edad de ($X=98,00\pm 10,40$ días), a los cuales se les evaluó medidas somáticas de peso (g) y longitud total (cm) previamente anestesiadas, derivándose de esta forma tres índices: Relación peso total con la longitud total, índice ponderal e índice de masa corporal. Luego los animales fueron sacrificados para realizar la disección "in vitro" y separar la piel (peso grasa), peso libre de grasa (músculos y hueso) y el peso residual (líquidos). Los resultados fueron analizados a través de la estadística inferencial de regresión simple y múltiple, donde se utilizó como variables independientes dichos índices, más la edad, dando origen a ecuaciones de predicción para el peso libre de grasa ($R^2=0,91$) y peso grasa ($R^2=0,69-0,71$), respectivamente. **Resultados:** Los resultados muestran que el índice ponderal (IP), conjuntamente con la edad son los mejores predictores del peso libre de grasa y peso grasa. **Conclusión:** Se concluye que las ecuaciones que implican el uso del índice ponderal de forma individual y sumada a la edad permiten la evaluación de la composición corporal de ratas machos wistar, comprendidos en una fase etaria de 84 a 112 días de edad.

Palabras claves: Ratas, composición corporal, índices corporales, ecuaciones.

English

Português

VALIDITY OF SOMATIC EQUATIONS FOR PREDICTING BODY COMPOSITION MALE WISTAR RATS

SUMMARY

Objective: The objective of this study was to validate equations to predict somatic body composition of a tri-compartment model (fat weight plus fat-free weight plus residual weight) of male Wistar rats. **Material and methods:** This study included 10 animals with a mean

VALIDADE DE EQUAÇÕES SOMÁTICAS PARA PREDIZER A COMPOSIÇÃO CORPORAL DE RATAO MACHOS WISTAR

RESUMO

Objetivo: O objetivo do presente estudo foi validar equações somáticas que permitam prever a composição corporal de um modelo tri-compartimental (peso em gordura + peso livre de gordura + peso residual) de ratos machos wistar. **Material e métodos:** Foram utilizados 10 animais

age of ($X = 98.00 \pm 10.40$ days). Measures of somatic weight (g) and total length (cm) of the rats, previously anesthetized, were assessed, deriving in three indices: total weight /total length ratio, ponderal index and body mass index. Later, the animals were sacrificed for dissection "in vitro" and the skin (fat weight), fat free weight (muscle and bone) and residual weight (liquid) were split. Results were analysed using inferential statistics and multiple regression, with these indices (plus age) as independent variables, obtaining predictive equations for fat-free weight ($R^2 = 0.91$) and weight fat ($R^2 = 0.69$ to 0.71), respectively. **Results:** Results show that ponderal index (PI) and age are the best predictors of fat-free weight and fat weight. **Conclusion:** We conclude that those equations that involve the ponderal index, individually and together with age, make possible to assess body composition of male Wistar rats aged 84 to 112 days.

Keywords: Rats, body composition, body indices, equations.

com uma média de idade de ($X=98,00\pm 10,40$ días) os quais tiveram avaliadas as medidas somáticas de peso (g) e longitude total, índice ponderal e índice de massa corporal.

Depois os animais foram sacrificados para realizar a dissecação "in vitro" e separar a pele (peso em gordura), peso magro (músculos e ossos) e o peso residual (líquidos). Os resultados foram analisados através da estatística inferencial da regressão simples e múltipla, onde foram utilizadas variáveis independentes de tais índices mais a idade, originando equações de predição para o peso magro ($R^2=0,91$) e peso em gordura ($R^2=0,69-0,71$), respectivamente.

Resultados: Os resultados mostram que o índice ponderal (IP), conjuntamente com a idade são os melhores indicadores do peso magro e peso em gordura. **Conclusão:** Conclui-se que as equações que implicam no uso do índice ponderal de forma individual e somada à idade permitem a avaliação da composição corporal de ratos machos wistar, dentro de uma faixa etária de 84 a 112 dias de idade.

Palavras-chave: Ratos, composição corporal, índices corporais, equações.

1. Introducción

La composición corporal evalúa la cantidad y la proporción de los principales componentes estructurales del organismo, a través del fraccionamiento del peso corporal¹, tanto en humanos como en animales. Los métodos de determinación pueden ser directos, a través de la disección in vitro, indirectos (físicos, químicos, de imagen y pesaje hidrostático) y doblemente indirectos (Bio-impedancia eléctrica, interacción de rayos infrarrojos y antropometría.^{2,3} Estos métodos se basan en la separación del peso corporal en diferentes compartimentos, cuya suma es igual al peso total⁴, siendo ese fraccionamiento representado en modelos bi-compartimental (peso grasa + peso libre de grasa), tri-compartimental (peso grasa + peso muscular + peso óseo), modelo tetracompartimental (peso grasa + peso muscular + peso óseo + peso residual).

Estos modelos son ampliamente utilizados en humanos para la evaluación de la composición corporal en niños, adolescentes y adultos. Sin embargo, en animales menores, como en las ratas, es posible su evaluación por medio de la disección de la carcasa y análisis químico⁵, puesto que dichos procedimientos, en relación a su aplicación, son tediosos y permiten una sola evaluación, requiriendo el sacrificio de los animales, sin posibilidad de realizar estudios longitudinales ni el tratamiento de dietas e intervenciones.⁶ En ese sentido, las variables somáticas de peso corporal, longitud y la relación entre las mismas, son una posibilidad para

predecir la composición corporal en animales, ya que estudios muestran el uso del IMC, tanto en gatos⁷, como en perros⁸, resaltando su aplicación para el diagnóstico de la obesidad y, por consiguiente, para el diagnóstico de la composición corporal. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es validar ecuaciones somáticas que permitan predecir la composición corporal de un modelo tri-compartimental (peso grasa + peso libre de grasa + peso residual) de ratas machos wistar de 84 -112 días de edad.

2. Material y métodos

2.1 Muestra

Se estudiaron 10 ratas machos sedentarios de raza Wistar, con una edad promedio de $98\pm 10,40$ días. Todos los animales provenían del Bioterio del Departamento de Farmacología de la Universidad Estadual de Campinas, Sao Paulo, Brasil. Durante la investigación, los animales se mantuvieron en cajas colectivas de plástico con cinco animales en cada una, viviendo en ciclos de claro/oscuras (12/12 h). A su vez, recibieron ración de alimentación padrón (Labina, Purina) y agua *ad libitum*, respectivamente. Finalmente, el estudio cuenta con la respectiva aprobación del comité de ética de la Facultad de Biología de la Universidad Estadual de Campinas, protocolo no. 1914-1.

2.2 Evaluación murinométrica

Los animales antes de ser sacrificados fueron previamente anestesiados con 20, 40mg.Kg-1 de tiopental vía peritoneal. En seguida se realizaron las evaluaciones mirinométricas o somáticas de peso corporal (g) y longitud total (cm), para lo cual, se realizaron cinco mediciones, considerando dos evaluaciones como mínimo para el presente estudio. Las evaluaciones presentan un error técnico de medida (ETM) de (0,05-0,80%) y un coeficiente de reproducibilidad de (r=0,99), respectivamente. Los procedimientos seguidos para la evaluación de los indicadores somáticos se describen a continuación.

2.2.1 Peso Corporal (g). Se utilizó una balanza analítica de marca Scaltec® modelo SAC-62, con una precisión de (10⁻⁴gramas). El procedimiento consistió en colocar los animales previamente anestesiados en un frasco leve sobre la balanza con el objetivo de evaluar el peso corporal en gramos (g).

2.2.2 Longitud total (cm). Se evaluó al animal sobre una mesa en decúbito ventral utilizando un paquímetro de aluminio, graduado en milímetros (mm), donde el hocico es el punto inicial de la medición (punto cero del paquímetro) y en seguida se ubicó una de las ramas del antropómetro en la última parte de la cola, para luego dar lectura a la medición.

2.2.3 Índices corporales. Para relacionar las variables de peso (g) y longitud total (cm) se utilizaron tres indicadores: a) relación del peso/longitud total (g/cm), b) relación del peso con el cuadrado de la longitud total $RPLT = P/LT$ (g/cm²), más conocido como índice de masa corporal $IMC = P/LT^2$ (g/cm²) y c) la relación del peso con la raíz cúbica de la longitud total $IP = P/\sqrt[3]{LT}$ (g/³cm), este último conocido como índice ponderal (IP).

2.3 Fraccionamiento de los componentes

Para la realización del fraccionamiento en compartimientos corporales, los animales fueron sacrificados por decapitación. Luego fueron retirados la sangre y los líquidos del organismo de cada animal y fueron ubicados en una mesa de disección anatómica.

A continuación, se utilizaron tijeras quirúrgicas con el objetivo de diseccionar el tejido adiposo (piel) o peso

graso (PG), hasta separar la carcasa (músculo y hueso), fraccionando finalmente el material en dos componentes corporales: Peso graso (PG) y Peso libre de grasa (PLG). Este último componente implica músculo y hueso, respectivamente.

Por otro lado, cada componente corporal fue pesado por separado, donde el peso residual se obtiene de la siguiente deducción: $PR = PT - (PLG + PG)$ y finalmente, el peso total corresponde a la siguiente fórmula: $PT = (PLG + PG + PR)$.

2.4 Validez de las ecuaciones

Para la validación de las ecuaciones se utilizó el método directo (disección) "in vitro", considerado como un criterio externo, a partir del cual los resultados muestran altos valores predictivos (≥72%).

2.5 Análisis estadístico

Los resultados del presente estudio fueron analizados a través de la estadística descriptiva de media aritmética (X), desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV) y coeficiente de correlación de Pearson (r).

Para predecir los valores del tejido adiposo (peso graso) y el PLG fueron realizadas regresiones estadísticas simples y múltiples a partir de de las relaciones de $RPLT = \text{Peso}/LT$ (g/cm), $IMC = \text{Peso}/LT^2$ (g/cm²), $IP = P/\sqrt[3]{LT}$ (g/³cm) y la edad en días, respectivamente. Finalmente, para analizar la concordancia entre el método "in vitro" y las ecuaciones de predicción se utilizó el test t para las diferencias entre los métodos, bien como el coeficiente intra-clase de Spearman (CS) y la concordancia con el enfoque de componentes de la varianza a través del método de Bland y Altman.⁹

3. Resultados

La tabla 1 muestra las variables evaluadas a los animales, para lo cual se consideró las variables como la edad (días), peso corporal (g), longitud total LT (cm), así como las relaciones de RPLT (g/cm), IMC (g/cm²) e IP (g/³cm). Todas estas variables muestran valores homogéneos, pues el coeficiente de variación (CV) es inferior a 10,62%, considerando que el máximo valor estadístico es hasta 33 por ciento.

TABLA 1
Caracterización de la muestra estudiada (n=10)

Variables	X	DE	CV	EEE	mínimo	máximo
Edad (días)	98,00	10,40	10,61	3,30	84,00	112,00
Peso total (g)	408,60	34,37	8,41	10,90	345,00	465,50
Longitud total (cm)	42,80	1,72	4,54	0,55	39,00	45,20
RPT/LT (g/cm)	9,53	0,55	5,77	0,17	8,85	10,56
IMC (g/cm ²)	0,22	0,01	4,55	0,01	0,20	0,24
IP (g/ ³ cm)	116,70	8,67	7,43	2,74	101,70	131,80

Relación peso total com longitud total (PT/LT), Índice de masa corporal (IMC), Índice ponderal (IP).

La tabla 2 permite observar el fraccionamiento de la composición corporal realizado a través de la disección de las ratas machos wistar "in vitro", separando en dos componentes, peso graso (piel) y peso libre de grasa (carcasa), es decir, músculo y hueso, respectivamente. Por otro lado, también se observan los valores del peso residual, el cual fue hallado por medio de la diferencia de: $PR = PT - (PLG + PG)$. Estos tres componentes muestran valores de coeficiente de variación que oscilan entre (7,83-13,51%), siendo relativamente homogéneos. Así también se puede observar que la sumatoria de los tres componentes es igual al peso total ($PT = PG + PLG + PR$), presentando los animales un promedio de $408 \pm 34,40g$ de peso corporal antes y después de ser sacrificados, respectivamente.

Las correlaciones realizadas entre las variables murinométricas de peso y longitud total y los índices corporales con los componentes de peso libre de grasa y peso graso (método directo de disección) se pueden observar en la tabla 3. Los resultados muestran fuertes correlaciones para el peso corporal, relación peso longitud total (RPLT) e índice ponderal (IP). Sin embargo, para la longitud total (LT) y el índice de masa corporal (IMC) las correlaciones no son significativas. Estas evi-

dencias sugieren que dichos indicadores no son los adecuados para predecir el peso libre de grasa (PLG) y el peso graso (PG).

Para predecir de manera indirecta el peso libre de grasa (PLG) se utilizaron, como variables independientes, la relación peso longitud total (RPLT), el IMC, el IP y la edad. Las ecuaciones se pueden observar en la tabla 4, donde los mejores predictores fueron el índice ponderal y la edad, ya que explican mejor el peso libre de grasa en ratas machos, puesto que el porcentaje de explicación alcanza a un 91%, seguido de la relación peso longitud total (RPLT) y edad que explican en menor porcentaje (70%). Sin embargo, el IMC es el que presenta un bajo poder de explicación en comparación con las otras ecuaciones. Por lo tanto, a partir de dichos resultados podemos sugerir el uso de las ecuaciones 5 y 6 (de la tabla 4) para predecir el peso libre de grasa de ratas machos wistar de 84 a 112 días de edad. La figura 1 muestra las regresiones estadísticas (R^2).

En la tabla 5 se observan las ecuaciones de regresión simple y múltiple, a partir de las cuales se utilizaron como variables independientes la relación peso longitud total (RPLT), el índice de masa corporal (IMC), el índice ponderal (IP) y la edad. Los resultados muestran

TABLA 2
Fraccionamiento de la composición corporal en tres componentes corporales, a través de la disección "in vitro"

	X	DE	CV	EEE	mínimo	máximo
Peso libre de grasa (g)	216,3	16,94	7,83	5,36	179,3	244,1
Peso de grasa (g)	82,1	11,1	13,51	3,51	70,4	104,4
Peso residual (g)	110,1	8,97	8,14	2,84	95,4	127
Peso total (g)	408,6	34,4	8,414	10,96	345	465,5

TABLA 3
Correlación entre variables somáticas y componentes corporales (disección in vitro).

Variables	Método directo "in vivo"	
	Peso libre de grasa (PLG)	Peso graso (PG)
Peso (g)	0,98*	0,87*
Longitud total (cm)	0,83	0,72
RPT/LT (g/cm)	0,85*	0,87*
IMC (g/cm ²)	0,79	0,54
IP (g/√cm)	0,96*	0,85*

Relación peso total con longitud total (RPT/LT), índice de masa corporal (IMC), índice ponderal (IP), * (p<0,001).

TABLA 4
Ecuaciones para predecir el peso libre de grasa (PLG) de ratas machos Wistar

N	Ecuación	R	R ²	EEE	P
1	$PLG = -34,2 + (26,3 * RPT/LT)$	0,85	0,70	9,35	0,55
2	$PLG = -12,9 + 19,2 * RPT/LT + (0,476 * edad)$	0,87	0,70	9,38	0,83
3	$PLG = 118,0 + (441,8 * IMC)$	0,29	-0,03	17,17	0,33
4	$PLG = 122,1 - (178,5 * IMC) + (1,37 * edad)$	0,79	0,52	11,74	0,16
5	$PLG = -2,31 + (1,87 * IP)$	0,96	0,91	5,07	0,92
6	$PLG = -0,891 + (1,77 * IP) + (0,107 * edad)$	0,96	0,91	5,36	0,97

Peso libre de grasa (PLG), Relación peso total con longitud total (RPT/LT), Índice de masa corporal (IMC), Índice ponderal (IP).

TABLA 5
Ecuaciones para predecir el peso de grasa (PG) de ratos machos Wistar

N	Ecuación	R	R ²	EEE	P
1	PG = -64,3 +(15,4*RPT/LT)	0,76	0,53	7,62	0,18
2	PG=-71,6+(17,8*RPT/LT)-(0,162*edad)	0,77	0,47	8,06	0,2
3	PG = 19,5 +(281,5*IMC)	0,29	-0,03	11,28	0,80
4	PG = 21,2 + (24,9*IMC)+(0,566*edad)	0,55	0,09	10,55	0,77
5	PG = -45,2+(1,09*IP)	0,85	0,69	6,15	0,14
6	PG = -50,1+(1,45*IP)-(0,375*edad)	0,88	0,71	5,99	0,11

Peso grasa (PG), Relación peso total con longitud total (RPT/LT), Índice de masa corporal (IMC), Índice ponderal (IP).

FIGURA 1
Relación entre los valores predichos (IP) y la técnica de disección "in vitro" del peso libre grasa (PLG).

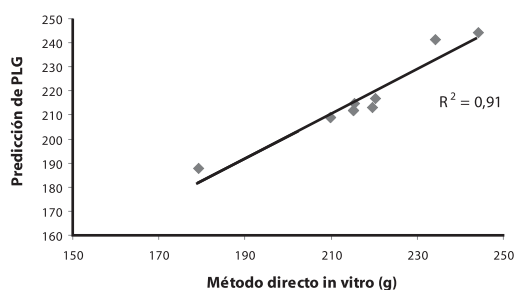
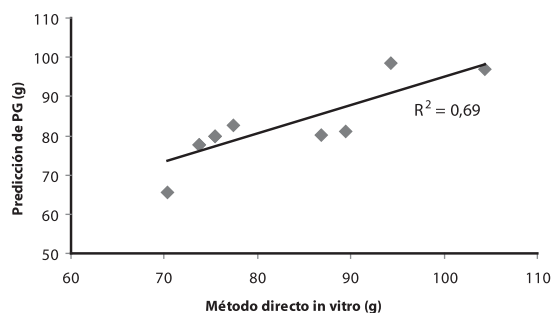


FIGURA 2
Relación entre los valores predichos (IP) y la técnica de disección "in vitro" del peso libre grasa (PLG).



que las ecuaciones 5 y 6 (de la tabla 5) son las que mejor predicen el PG, explicando un 69 % a un 71%, respectivamente. Sin embargo, los demás indicadores no se muestran como buenos predictores, ya que muestran bajos porcentajes de explicación. Por lo tanto, se sugiere el uso del índice ponderal y la edad para predecir de manera indirecta la masa grasa (PG) de ratos machos entre 84 a 112 días. (Ver figura 2).

La tabla 6 muestra cuatro criterios para evaluar la concordancia (la prueba "t" de Student, coeficiente de correlación de Spearman, diferencia de las medias y los intervalos de concordancia). Como método específico, se utilizaron los valores de la disección "in vitro", tanto para el PLG, como para el PG. Esos valores sirvieron como método específico para comparar con cada modelo matemático (ecuación de predicción) hallado de manera indirecta.

En relación a la "t" de Student, no se observan diferencias significativas en ningún caso, tanto para el PLG, como para el PG, ya que los valores obtenidos a través del método directo por medio de la disección "in vitro" no difieren con las ecuaciones de predicción. Esto conllevaría a afirmar que las cuatro ecuaciones o modelos observados en el cuadro 6 podrían ser utilizados. Sin embargo, al aplicar un segundo criterio como el caso del coeficiente de correlación de Spearman (CS), los resultados indican la existencia de una alta correlación

entre el PLG con la ecuación que implica el uso del IP más la edad (CS=1,00) y entre el PG con la ecuación que considera el uso del IP (CS=0,94).

Por otro lado, cuando se utilizó un tercer criterio, como es el caso de la diferencia de las medias, los valores sugieren el uso de las 4 ecuaciones, ya que sus medias son inferiores a $\leq 1,4$. Finalmente, al considerar el último criterio, como es el caso del enfoque de componentes de la varianza (intervalos de concordancia), analizados a través del método de Bland y Altman, los resultados muestran mayor concordancia entre el PLG y la ecuación que implica el uso del índice ponderal (IP), como también entre el PG y la ecuación que usa el IP y la edad.

Por lo tanto, a través de los resultados alcanzados podemos destacar que las ecuaciones que engloban el uso del IP y la edad son los modelos matemáticos que mejor concuerdan con los valores del PLG y del peso PG determinados por el método directo de disección "in vitro", considerado en el presente estudio como métodos específicos.

TABLA 6

Valores de concordancia entre el método "in vitro" y modelos matemáticos de regresión estadística para predecir el peso libre de grasa y peso de grasa de ratas.

		T	Spearman	Media de las diferencias	DE de las diferencias	Intervalo de concordancia
PLG	In vitro -IP	0,0159*	0,97	0,120	3,780	-7,44 a 7,68
	In vitro-IP - E	0,0238*	1,00	0,178	3,708	-7,24 a 7,59
PG	In vitro -IP	0,0146*	0,94	-0,070	5,530	-11,1 a 10,99
	In vitro-IP - E	0,0105*	0,88	-0,049	5,040	-10,00 a 10,14

PT (peso total), LT (longitud total), IP (índice ponderal), * (> 0,001), E (edad)

FIGURA 3

Valoración de la concordancia entre la técnica de disección "in vitro" y los valores predichos (IP) de peso libre de grasa (PLG), a través del Plotaje de Bland y Altman.

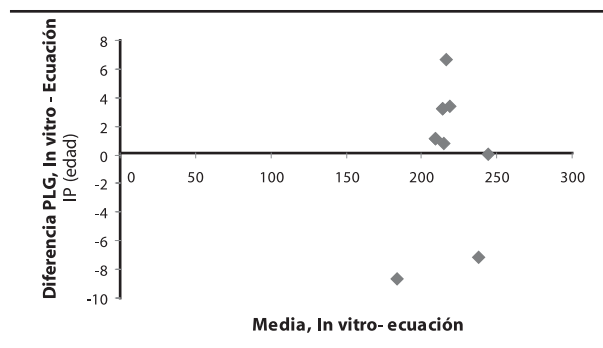
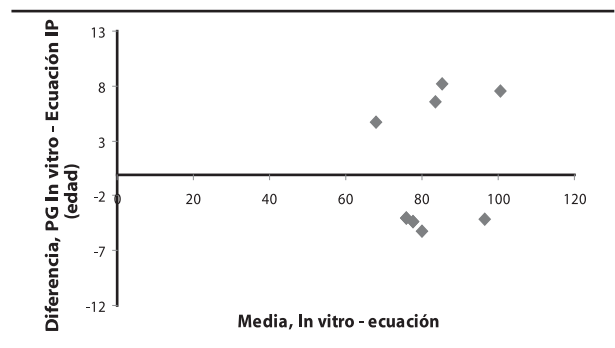


FIGURA 4

Valoración de la concordancia entre la técnica de disección "in vitro" y los valores predichos (IP) del peso de grasa (PG), a través del Plotaje de Bland y Altman.



4. Discusión

En la actualidad varios estudios sugieren el uso de la absorción radiológica de rayos X de doble energía (DEXA) para evaluar la composición corporal de ratas^{6,10,11,12} y de gatos^{7,13}, pues es ampliamente conocido que muchos laboratorios carecen de equipamientos sofisticados y necesitan de técnicas no-invasivas para diagnosticar la composición corporal de ratas, principalmente cuando se pretende desarrollar estudios experimentales y longitudinales que permitan evaluar antes y después de los tratamientos y consecuentemente estudiar a los animales "in vivo", sin tener que sacrificarlos.

En ese sentido, con la intención de validar ecuaciones a partir de índices corporales, se utilizó como criterio de referencia el método de disección "in vitro", conocido en los humanos como *Brussels Cadáver Study*.¹⁴ Los resultados del presente estudio muestran que el índice ponderal (IP) es el mejor predictor del peso libre de gordura PLG y de peso grasa PG, explicando un 90-91% y 69-71%, respectivamente. A su vez la relación peso total-longitud total (PT-LT) muestran porcentajes inferiores de explicación (70%) y (47-53%), respectivamente. Sin embargo, el IMC muestra bajo nivel de predicción puesto que este índice fue diseñado para comparar poblaciones de adultos bastante homogéneas, bien definidos y uniformes¹⁵ y no para poblaciones en pleno proceso de crecimiento y desarrollo como la muestra del presente estudio, ya que con la edad varía

la estatura (longitud total de las ratas) durante el crecimiento, independientemente del contenido del músculo, grasa y hueso.

Desde esa perspectiva, en los modelos animales y humanos, según Schmidt-Nielsen¹⁶, las leyes de la alometría establecen que la forma es modificada necesariamente por el tamaño, dado que para una determinada gama de peso corporal se mantiene la forma del cuerpo.¹⁷ Este hecho explica que el IP se ajuste a las leyes de la alometría considerando medidas de naturaleza lineal y de volumen¹⁸, es decir, la masa posee una proporción volumétrica y la altura (estatura), posee una dimensión lineal¹⁸, siendo su expresión $IP = P / \sqrt[3]{LT}$. Por lo tanto, estas características justifican que el IP sea un buen predictor del PLG y del PG de los animales del presente estudio. Aunque en relación al IMC su utilización ha sido poco difundida en modelos humanos y peor aún en animales, esta situación se debería a la poca o nula explicación alométrica ocurrida en las investigaciones. Así se considera que este índice puede corregir los errores cometidos por el IMC^{15,19} y que en un futuro no muy lejano sea considerado como una herramienta valiosa para estudiar poblaciones en crecimiento, tanto en modelos humanos, como en modelos animales.

En consecuencia, su uso en animales de laboratorio es una posibilidad, puesto que muestra altos niveles de correlación con el modelo tri-compartimental y de

esta forma contar con métodos doblemente indirectos, basado en medidas somáticas o murinométricas. A pesar de la existencia de métodos directos e indirectos en ratas²⁰, como es el caso de la disección de la carcasa y el análisis químico⁵, estos métodos implican mucho tiempo y sus procedimientos son tediosos⁶, sugiriéndose de esta forma realizar más estudios en ratas hembras y en otros rangos de edad, así como en ratas adultas, con la intención de generar técnicas y procedimientos sencillos, de fácil uso y bajo coste.

5. Conclusión

A través de los resultados encontrados, se concluye que el IP es el mejor predictor del PLG y del PG en ratas

machos wistar de 84 a 112 días de edad, lo que permite la evaluación de la composición corporal en tres compartimientos corporales (peso graso, peso libre de grasa y peso residual), sugiriéndose el uso de las siguientes ecuaciones:

Para el peso libre de grasa a) $PLG = -2,31 + (1,87 * IP)$, b) $PLG = -0,891 + (1,77 * IP) + (0,107 * edad)$, y para el peso graso a) $PG = -45,2 + (1,09 * IP)$, b) $PG = -50,1 + (1,45 * IP) - (0,375 * edad)$.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Bibliografía

- 1- Malina, R.M. Bouchard, C. Growth, maturation and physical activity. Champaign: Human Kinetics, 1991.
- 2- Pietrobelli A, Heymsfield SB, Wang ZW & Gallagher D. Multi-component body composition models: recent advances and future directions. *Eur J Clin Nutr*, 2001, 55, 69-75.
- 3- Deurenberg, P. Validation of body composition methods and assumptions. *British Journal of Nutrition*, 2003, 90, 485-486.
- 4- McArdle, Katch, Katch. Fisiología del ejercicio: Energía, nutrición, y desempeño motor. 4ta edição, Editora Guanabara koogan, R.J. Brasil, 1998.
- 5- Reid JT. Body Composition in Animals and Man. Washington, DC: National Academy of Science, , 1969.
- 6- Lukaski, HC., Hall, CB, Marchello, MJ, and Siders, WA. Validation of Dual X-Ray Absorptiometry for Body-Composition Assessment of Rats Exposed to Dietary Stressors. *Nutrition*; 2001, 17:607- 613.
- 7- Sjogren, k., Hellberg, N, Bohlooly-Y, M, Savendahl, L, Johansson, M, Berglindh, T, Bosaeus, I, and Ohlsson, C. Body Fat Content Can Be Predicted In Vivo in Mice Using a Modified Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Technique. *American Society for Nutritional Sciences*, 2001, 131: 2963-2966.
- 8- Tvarijonaviute A., Martinez-Subiela S., Ceron Madrigal JJ. Métodos para medir el grado de la obesidad en perros: entre la física y la bioquímica. *AN. VET. (MURCIA)*, 2008, 24: 17-30.
- 9- Bland, J. M., Altman, D. G.. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1986, 1: 307-310.
- 10- Ammann P, Rizzoli R, Slosman D, Bonjour J-P. Sequential and precise in vivo measurement of bone mineral density in rats using dual-energy x-ray absorptiometry. *J Bone Miner Res*, 1992, 7:311
- 11- Rose BS, Flatt WP, Martin RJ, Lewis RD. Whole body composition of rats determined by dual energy X-ray absorptiometry is correlated with chemical analysis. *J Nutr*, 1998, 128:246 -50
- 12- Feely, RS, Larkin, LM, Halter, JB, and Dengel, DR. Chemical versus dual energy x-ray absorptiometry for detecting age-associated body compositional changes in male rats. *Exp Gerontol*, 2000, 35(3): 417-427.
- 13- Brommage, R. Validation and calibration of DEXA body composition in mice. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2003, 285: E454-E459.
- 14- Iarys, JP, Martin, AD, Drinkwater, D. Gross tissue weights in the human body cadaver dissection. *Human Biol* 1984, 56, 459-73.
- 15- Fernández López, J., Remasar, X., Alemany, M. Ventajas teóricas del índice de Rohrer (P/A3) sobre el índice de masa corporal (P/A2) para la estimación de la adiposidad en humanos. *Rev. Esp Obes* 2005, 3(1): 47-55.
- 16- Schmidt-Nielsen K. Why is animal size so important. Cambridge University Press. Cambridge, 1984.
- 17- Pritchard W.G.. Scaling in the Animal Kingdom. *Bull Math Biol* 1993, 55:111-29.
- 18- Ross WD, Carter JEL, Carr RV. Anthropometry Illustrated. Burnaby: Turnpike Electronic Publications, 2000.
- 19- Ricardo D, De Araujo, C. Índice de massa corporal: Um questionamento científico baseado em evidencias. *Arq Brás Cardio* 2002, volume 79 (n.1), 61-9.
- 20- Dahms, W., Glass, A. Correlation of Percent Body Fat with Body Specific Gravity in Rats. *J. Nutr* 1982, 112: 398-400.